التعب العضلي

ا.م.د شيماء محمد ابوزيد

مفهوم التعب العضلي

يعد التعب ظاهرة فسلجية تظهر انعكاساتها على الجهاز العصبي . التعب : هو " انخفاض مؤقت في القدرة الانجازية نتيجة المجهود ويمكن تعريف التعب بصورة أدق " بأنه ظاهرة فسلجية مصدرها الجهاز العصبي المركزي يحمي وينقذ الأعضاء والأجهزة من الاضطرابات والتلف أما التعب العضلي فيعد من المواضيع الرئيسية التي تهم المدربين واللاعبين والإداريين باعتبارها إحدى المعوقات للأداء الرياضي الجيد وتحقيق الانجاز الرياضي وواحدة من أهم الأسباب التي تؤدي إلى الإصابات الرياضية . فالتعب العضلي هو ظاهرة حياتية فسيولوجية ، هبوط وقتي نسبي في مستوى القدرات الوظيفية المختلفة بدنية وعقلية وحسية عند القيام بعمل متعلق بتلك القدرات . كما يمكن تعريفه هو" الهبوط الزمني للقدرة على العمل الناتج عن الإرهاق إذن فهو عبارة عن هبوط وقتي في المقدرة على الاستمرار في أداء العمل البدني والحركي ويمكن قياسه من مظاهره الخارجية عن طريق قلة كمية العمل الميكانيكي المؤدي. أي انخفاض مؤقت في قابلية العضلة على الأداء .

فمثلا " إن اللاعب يشعر بالتعب عند استمرار الأداء الحركي(بدني – مهاري – خططي) طوال فترات التدريب أو المباراة ولكن قدرة اللاعب على مواجهة التعب تتطلب من المدرب تقنين الأحمال التدريبية بحيث يصل باللاعب إلى مرحلة التعب المؤثر وليس الإجهاد ، حيث يمكن من خلال تكرار تلك الأحمال في توقيت معين خلال فترة الاستشفاء نجاح عمليات التكيف الفسيولوجي التي تؤدي إلى الارتقاء بمستوى اللاعب وتطويره

فان الشخص الذي يتمتع بمعدلات عالية من التحمل لديه القدرة على تأخير التعب ويظهر التعب عادة عندما يقل الجهد المبذول وينخفض الإنتاج بالتدريج حتى يصل إلى مرحلة لا يستطيع فيها الاستمرار بالعمل وهذه المرحلة تسمى بالإنهاك .

الناتج الفسيولوجية للتعب :

1.التعب ناتج عن ميكانيكية الإعاقة التي تسببها المراكز العصبية من جراء الإنهاك الوظيفي .

2.التعب يؤدي إلى إعاقة في منطقة الحركة في القشرة المخية في الدماغ .

3.التعب يؤدي إلى اختلال التوازن في نظام العمليات العصبية .

4.التعب يؤدي إلى تغير نظام تبادل المواد داخل الخلية العصبية وتحدث ردود أفعال معقدة داخل الجهاز العصبي المركزي .

5.التعب يؤدي إلى انخفاض في وصول الأوكسجين إلى الخلايا فتنخفض الإشارة .

وبناءا على هذه المعرفة يمكن إيجاد الحلول الخاصة بالتعب وآليات التخلص منه والتعب العضلي يأتي من خلال التمرين العالي الشدة قصيرة المدى أو متوسطة الشدة طويل المدى.

النظرية الأولى :النظرية الطرفية ، التي تحدد مكان التعب في العضلة ذاتها أو ما يطلق عليه التعب الطرفي (Peripheral Fatigue) .

أ- عوامل عصبية:

يحدث التعب نتيجة عوامل عصبية يرافقها فشل في وظيفة العصب عضلي, غلاف الليف العضلي, الأنابيب المستعرضة(T-tubule), أو شبكة الهيولي العضلية(SR), التي تساهم في خزن وإطلاق++CA واستعادته مرة أخرى.

ب- موقع التحام العصب العضلي:

يبدوا إن إيصال جهد الفعل إلى نقطة التحام العصب الحركي بالعضلة يستمر حتى عند ظهور التعب, اعتمد هذا على ادلة من خلال قياس النشاطات عن طريق حوافز كهربائية موجهة على نقطة اتصال العصب العضلي, استنتج من خلالها ان

العصب الحركي لا يحدث فيه التعب. . في الأنشطة التي تتميز بالسرعة والقوة المميزة بالسرعة(القدرة) .

جـ- موقع الأنابيب المستعرضة والغشاء الهيولي

لقد تم افتراض إن الغشاء الهيولي احد مواقع التعب نتيجة عدم مقدرته المحافظة على تركيز CA++ و+k خلال تكرار الحافز, عندما لاتتم المحافظة على ضخ++CA / +k بأسلوب متوازن, يتراكم+k خارج الغشاء وينقص داخل الخلية, مما ينتج عنه إزالة الاستقطاب من الخلية وخفض حجم جهد الفعل, الخفض التدريجي للاستقطاب يسبب تغير في وظيفة الأنابيب المستعرضة (تعطيل الانابيب المستعرضة لجهد الفعل) ونتيجة لهذه العملية يتاثر اطلاق الكالسيوم ++CAمن الشبكة الهيولية مما يسبب ضعف تقلص العضلة , توجد ادلة على ان انخفاض جهد الفعل عن الحد الطبيعي له القابلية على خفض ناتج القوة المنتجة من قبل العضلة, بالاضافة الى ان هبوط جهد الفعل مع الاستمرار في تحفيز العضلة هي حماية للعضلة من التعب بدرجة اكبر هذا لا يعني ان الانابيب المستعرضة لا تشارك في عملية التعب, اذ تعمل الانابيب المستعرضة في ظروف معينة على قطع ضخ الكالسيوم لانقطاع جهد الفعل مما يؤدي الى خفض فعالية جسور المايوسين المستعرضة.

ان الهدف الرئيسي من البحوث التي تقيس التعب هو

1. توفير التشخيص المبكر للتدريب الزائد وبهذا المعنى تجنب الأضرار المحتملة على تركيب الحسم .
2. تقلل من إمكانية الاصابة.
3. واقتراح طريقة استعادة شفاء العضلات.

النظرية الثانية : النظرية المركزية – القشرية، التي تحدد مكان التعب في الجهاز العصبي أو ما يطلق عليه التعب المركزي (Central Fatigue) .

حيث تعتمد قوة الأنقباض العضلي بشكل كبير على نشاط الجهاز العصبي المركزي وأيضا على عدد الوحدات الحركية المشاركة في العمل ، ولا تستطيع الخلايا العصبية الأستمرار في العمل لمدة طويلة وخاصة في التدريب البدني العنيف حيث يحدث التعب نتيجة حدوث هبوط في كفاءة عمل الخلايا العصبية ، مما يؤدي الى تأخير وصول الاشارات العصبية الى العضلات وبالتالي هبوط في قوة وسرعة الأنقباضات العضلية وهبوط الأداء بشكل ملحوظ

زيادة تركيز السيروتونين(serotonin) أو (5-hydroxytryptamin (5-HT) وهي مادة كيميائية يقوم المخ بتصنيعها من حامض أميني يسمى (tryptophan) ، وقد وجد ان لهذه المادة تأثير تثبيطي على انتقال الأشارات العصبية، لذلك يرتبط زيادة تركيزها في المخ بزيادة التعب والميل الى النوم ويظهر هذا التاثير جليا في انخفاض مستوى الأداء الرياضي نتيجة التعب

ويعتبر أحد أهم المؤشرات على حدوث التعب المركزي بالجسم هو تحليل حامض خماسي هيدروكسي الأندول (5-HIAA) والذي يتم قياسه في البول ، حيث يعتبر الناتج النهائي لعمليات التمثيل للسيروتونين داخل المخ ، وبالتالي فان زيادة هذا الحامض تعبر عن زيادة السيروتونين في المخ وبالتالي حدوث التاثير التثبيطي للناقلات العصبية .

التغييرات الفسيولوجيه الأساسية التي تحصل عند التعب العضلي

1- تراكم المواد الناتجة عن العمل العضلي مثل حامض اللاكتيك والبايروفيك . (ويظهر هذا الحامض بعد 5-15 دقيقة من العمل العضلي ،وتظل نسبته مرتفعة اثناء الراحة العضلية لفترى اخرى حيث يتم إنتاج اللاكتات بالعضلات من المواد السكرية أثناء تخمرها اللبنى بسبب تحلل السكر مع نقص الأكسجين الوارد للعضلات ، وتزداد نسبتة فى العضلات أثناء القيام بجهد عضلى لاهوائى حيث تعدد الانقباضات يؤدى لانقباض الأوعية الدموية مما يؤدى الى زيادة إنتاج اللاكتات ويعتبر ذلك أحد العوامل المؤدية للتعب العضلى ، وعند الراحة يتحول جزء منه الى جليكوجين ، ويتأكسد الجزء الأخر متحولا الى (co2 & H2 o) .

2- استنفاد المواد اللازمة للطاقة مثل ثلاثي فوسفات الادينورين ATP وفوسفات الكرياتين ,CP الكلايكوجين . مؤديا الى حدوث التعب الأيضي وهو مصطلح للتعب الذي يحدث من جراء العمل الأيضي في الألياف العضلية نتيجة لحدوث الانقباض والانبساط من جراء العمل العضلي بين الياف الأكتين والمايوسين أو نتيجة لنقص في الطاقة اللازمة للانقباض أو للتخفيف من تراكمات الأيض الناتجة عن العمل العضلي . They include ADP, Mg^{2+} , reactive oxygen species and inorganic phosphate.

وهي تشمل ADP ، والمغنيسيوم $^{2+}$ ، وأنواع الأكسجين التفاعلية

والفوسفات غير العضوية. وهو مصطلح غيرمستخدم عالميا حاليا .

3- حدوث تغيرات في الحالة الفيزيائية في العضلة (تغيرات كهربائية وتغير خاصية النفاذة في الخلية العضلية).

4- اختلال التنظيم والتوافق على مستوى الخلية في تنظيمات الأجهزة الحيوية سواء طرفياً أو مركزياً.

5- حدوث تغييرات في الحالة الفيزيائية في العضلة مثل تغيرات كهربائية وتغير خاصية النفاذة في الخلية العضلية.

6- عدم دفع ايونات (Ca++,K+,Na+) المسئولة عن إحداث فرق جهد كهربائي من اجل الانقباض العضلي.

7- انخفاض إل(ph). (إن الإجهاد العضلي بشكل رئيسي هو نتيجة الانخفاض في معامل الحموضة (ph)داخل الخلية العضلية بسبب الارتفاع في تركيز ايون الهيدروجين (H+) والذي ينتج من تحلل السكر بالطريقة اللاوكسجينية وتراكم

حـــــــــامض اللاكتيـــــــــك.)

8-ارتفـــــــــــــــــاع درجـــــــــــــــــة الحـــــــــــــــــرارة.

9- نقـص إمـداد الجسـم بـالمواد الغذائيـة اللازمـة لاسـتمرار النشـاط البـدني كالكربوهيدرات والبروتينات والدهون والأملاح المعدنية

وهناك مواد أخرى تسبب نقص في العمل العضلي

الكلورايد :

يمنع تقلص العضلات ويحد من تأثير قوة الانقباضات العالية

البوتاسيوم:

التركيزات العالية من البوتاسيوم في خلايا العضلات يتسبب أيضا إلى انخفاض في الكفاءة ، مما تسبب التشنج والتعب. البوتاسيوم يتراكم حول الألياف العضلية بشكل عام. هذا له تأثير على إزالة الاستقطاب من الألياف العضلية ، ومنع ضخ الصوديوم والبوتاسيوم من تحرك الصوديوم خارج الخلية. هذا يقلل من اتساع إمكانات العمل ، أو التوقف تماما ، مما يسفر عن الإرهاق العصبي .

الكالسيوم

اشارت ابحاث اخرى الى ان تركيز الكالسيوم بالعضلات يؤدي الى ارهاقها لان مضخات Ca هي المستهلك الاساسي لـ ATP خلال فترة الراحة والنشاط البدني, وتقدر نسبة استهلاك مضخات Ca بـ 30% من ATP خلال التقلص الايزومتري . .الهبوط في ناتج القوة في جزء منه كنتيجة لنقص اطلاق الكالسيوم من الشبكة الهيولية (الساركوبلازم(SR

ان انخفاض Ca++ في الشبكة الهيولية (الساركوبلازم) وبين التعب, ,واستنتجت ان خفض المعدل العالي لاطلاق Ca++ لم يكن كنتيجة لضعف توصيل

انابيب ,(T− tubule) T (بل عدم المقدرة اما على استثارة الشبكة الهيولية او عدم المقدرة على اطلاق ,Ca++ كما ان اطالة زمن الراحة مع زيادة شدة التمرين لها علاقة قريبة مع خفض معدل امتصاص.Ca++

حامض اللبنيك

كان يعتقد أن تراكم حامض اللبنيك سببا في إرهاق العضلات. وكان الافتراض لتأثيره على العضلات ، مما يعوق قدرتها على الانقباض. تأثير حمض اللاكتيك على الأداء هو الآن غير مؤكد ، فإنه قد يساعد أو يعوق العضلات ويسبب الارهاق.

ينتج كمنتج ثانوي ، حامض اللاكتيك يرفع الحامضية داخل خلايا العضلات. وهذا يمكن أن يقلل من حساسية الجهاز العضلي للانقباض ولكن له أيضا تأثير على زيادة تركيز الكالسيوم عن طريق تثبيط للمضخة الكيميائية التي تنقل بنشاط الكالسيوم خارج الخلية. ويرفع آثار تثبيط K^+ على امكانات العمل العضلي. كما يلغي حامض اللبنيك تأثير أيونات الكلوريد في العضلات ، والحد من الانقباض ، على الرغم من تأثيرات البوتاسيوم هي اقل بكثير مما لو لم يكن هناك حامض اللبنيك لإزالة أيونات كلوريد. في نهاية المطاف ، فإنه من غير المؤكد إذا كان حمض اللاكتيك يقلل من التعب من خلال زيادة الكالسيوم داخل الخلايا أو زيادة التعب · تقع نسبة تركيز حامض اللاكتيك فى الدم تحت تأثير عاملين أولهما هو معدل إنتاج حامض اللاكتيك فى العضلات نتيجة التمثيل الغذائى اللاهوائى للجليكوجين ،

وثانيهما هو معدل التخلص من حامض اللاكتيك الزائد فى الدم

وقد يكون(حامض اللاكتيك)عاملًا يثبط الإنزيم الخاص بانشطار الجليكوجين وسببًا للتعب.

دور حامض اللاكتيك في عملية انتاج الطاقة

يعتقد خطأً في البداية انه احد فضلات عملية تحلل السكر حيث وجهت اليه التهم انه سبب تعب العضلات لكن الابحاث اظهرت انه احد اهم المركبات الحيوية الناتجه من تحلل السكر والذي بدورة يدخل الى المايتوكندريا حيث تتم اكسدته بواسطةدورة كربس وانتاج مركب الطاقة ،حيث يساهم حامض اللاكتيك في إنتاج الطاقة أثناء النشاط الرياضي بعدة صور أهمها ما يلي:

تحول جزء كبير من حامض اللاكتيك إلى :

1.حامض البيروفيك ، وإنكسار الأخير بوجود الأكسجين داخل بيت الطاقة إلى ثاني اكسيد الكربون وماء وطاقة حرة. .
2.نفاذ حامض اللاكتيك خارج محيط العضلة إلى العضلات الأخرى لإستخدامه من قبلها في إنتاج الطاقة .

3.إنتقال حامض اللاكتيك إلى الكبد عن طريق الدم وتحوله إلى جليكوجين . وتذكر بعض المصادر ان ممارسة وتكثيف النشاط الرياضي تؤدي الى تجمع حامض اللاكتيك في العضلات وان هذا الحامض يوثر بطريقة مباشرة او غير مباشرة على درجة كفاءة العضلة مما يؤدي الى بعض الالام بها او بالجهاز العصبي المركزي ويمكن ان يؤدي الى تقليل ناتج عملية التمثيل الغذائي للدهون مما يؤثر على دور الهرمونات ومع ذلك فان الابحاث التي اجريت مؤخرا تؤكد على ان حامض اللاكتيك ليس له تأثير كبير في احداث التعب .

حالات التعب

التعب الجيد: الضعف العام بالجسد بحيث لا تتمكن الدورة الدموية من خدمة العضلات العاملة وبقوة وفق قدراتها وطاقاتها. لأنه يأتي كدعوة من الجسم إلى الراحة والاسترخاء بعد العمل المضني لإعادة تكوين قواه.

التعب السيئ: الإرهاق الجسدي الذي يتولد إما عن سبب مادي بحت أو عن نشاط فكري مكثف أو راحة طويلة أحيانا. فيتطور هذا الإرهاق ليصل إلى درجة عالية يأخذ فيها مظهرا مرضيا حادا يستوجب تدخل الطبيب.

عتبة التعب

مرحلة من مراحل العمل العضلي يبدأ عندها التعب بالظهور بعد نشاط عضلي لا يتوافق والقدرات الجسدية مما يؤدي إلى استنزاف كل الإمكانيات العضلية وأحيانا تجاوزها مما يؤدي الى الاصابة بالإرهاق المستمر والتعب

أقسام التعب :

حسب مناطق حدوثه وفقا لعدد العضلات المشتركة في العمل الى ثلاثة انواع:

أ- التعب الموضعي. وهو التعب الذي يحدث في حالة مشاركة اقل من ثلث حجم عضلات الجسم مثل تعب عضلات الذراعين عند التصويب في كرة السلة, أو عند التصويب في الرمي في كرة اليد وغيرها

ب- التعب الجزئي (النصفي) . وهو التعب الذي يحدث في حالة مشاركة اقل من ثلثي حجم عضلات الجسم مثل تعب عضلات الرجلين في تدريبات السباحة مثلا, أو في تدريبات الأثقال أو تعب عضلات الطرف العلوي عند التركيز في الرمي أو الأثقال .

ج- التعب الكلي (العام) . وهو التعب الذي يحدث عند مشاركة أكثر من ثلثي عضلات الجسم في العمل, ويصاحب ذلك شدة عمل الأجهزة الحيوية كالجهاز الدوري والجهاز التنفسي وذلك مثل الجري أو السباحة الكلية أو الأداء في مباراة للألعاب وغيرها .

ويقسم التعب حسب أسبابه:

التعب البدني – وينتج عند نشاط بدني والوصول إلى درجة متقدمة من الإجهاد ، حيث تحدث تغيرات بيوكيميائية ينتج عنها ظهور حامض اللاكتيك في ظروف قلة الأوكسجين في الدم كما في الفعاليات الرياضية .

التعب الحسي – وينتج عند استخدام الحواس لفترة طويلة من الزمن دون راحتها كما في الرماية والقوس .

التعب العقلي (الذهني) – كما في لعبة الشطرنج .

التعب النفسي . " ليست المشاكل النفسية وحدها هي التي إلى التعب النفسي ولكن أيضا العمل البدني الذي يستغرق فترات طويلة على شكل واحد والأعمال التي تحتاج إلى مسؤوليات كبيرة تقود إلى التعب النفسي والعصبي

خصائص التعب تبعا لطبيعة نظم إنتاج الطاقة

– التعب الناتج عن العمل لفترة 15– 20 ثانية: سبب التعب بالدرجة الاولى يرجع الى العمليات العصبية بالجهاز العصبي المركزي ,بالاضافة ايضا الى استهلاك المصادر الفوسفاتية لانتاج الطاقة, خاصة (PC) المسئول عن اعادة بناء المركب الكيميائي الغني بالطاقة .ATP

2– التعب الناتج عن العمل لفترة 20– 45 ثانية: استهلاك قدر كبير من المركبات الفوسفاتية بالليفة العضلية, بالاضافة الى تكسير الكلايكوجين وانتاج الطاقة اللاهوائية بدون الأكسجين, وفي هذه الحالة يتجمع حامض اللاكتيك في العضلة ويزداد ويسبب الشعور بالالم ثم ينتشر في الدم وبالتالي يكون له ايضا تاثيره على النشاط الجهاز العصبي ويسبب حدوث التعب .

3– التعب الناتج عن العمل لفترة 45– 90 ثانية: تراكم حامض اللاكتيك في العضلات وفي الدم و تاثيره السلبي على حالة الجهاز العصبي .

4– التعب الناتج عن العمل لفترة 30– 80 دقيقة: اسباب التعب في هذه الحالة ترتبط باستهلاك مخزون الكلايكوجين الموجود بالعضلات وبالكبد .

5- التعب الناتج عن العمل لفترة 80- 120 دقيقة: يحدث التعب نتيجة اختلال وسائل تنظيم درجة حرارة الجسم لطول الفترة الزمنية للاستمرار في العمل وزيادة حجم الطاقة الناتجة وما يصاحب ذلك من زيادة في درجة حرارة الجسم ونشاط عمليات التخلص من الحرارة الزائدة للاحتفاظ بثبات درجة الحرارة وذلك من خلال وسائل التخلص من الحرارة وفي مقدمتها تبخر التعرق وما يصاحبه من برودة تزيل الحرارة الزائدة من الجسم .

6- التعب الناتج عن العمل لفترة اكثر من ساعتين: طول فترة العمل تؤدي الى زيادة استهلاك الدهون وما يصاحب ذلك من مخلفات التمثيل الغذائي والتي تسبب ايضا الشعور بالتعب .

علاقة التدريب الرياضي بالتعب :

1.إن الفرد الرياضي يتأخر ظهور التعب لديه لعدة أسباب :
2.تناسب كمية الدم الواصلة للعضلات العاملة مع كمية المجهود الذي يقوم بأدائه .
3.قدرة الأوعية الدموية على الاتساع بسرعة لمد حاجة العضلات .
4.وجود قلويات وكلوبين بوفرة في العضلات .
5.توافق الجهازين العضلي والعصبي (التوافق العضلي والعصبي) .
6.ازدياد القوة الميكانيكية للعضلة .
7.الاقتصاد في الطاقة لمعرفة الاتجاهات ومسارات الحركة المختلفة نتيجة المعرفة للاعب السابقة للحركات

علامات التعب العضلى

بطء الحركة مع انخفاض إنتاجية العمل

- فقدان (الدقة و التوافق وإيقاع الحركة) وزيادة الأخطاء كنتيجة لاختلال التناسق في الأداء.

- اشتراك عضلات إضافية في العمل .

– خلل في انبساط العضلات , واختلال الحركة التوافقية بين النشاط الحركي و الوظائف الإنمائية .

– انخفاض التحفز وعدم استقرار الأنسجة العصبية و العضلية كذلك الأجهزة الحسية.

– خلل في وظائف الإنزيمات التي تساعد على تمثيل المواد التي توفر الطاقة للنشاط العضلي .

– عدم التناسق بالعمل الوظيفي من خلال زيادة صرف الطاقة

– عدم الكفاية في خلق وتكوين حركات جديدة ومفيدة واستيعابها

– تزداد ضربات القلب والحركات التنفسية ويقل حجم التقلصات و عمق الشهيق والزفير و يلاحظ تعرق الجسم الشديد عند زيادة التعب .

من الجدير بالذكر, كلما كان العمل العضلي شديد كلما ازدادت التغيرات الوظيفية وظهر التعب , وللتعب علاقة وطيدة بالبيئة الخارجية وخصوصية الرياضي الفردية ومستوى التدريب.

اماكن التعب

قد يكون موضع التعب في الجهاز العصبي المركزي او في الاتصالات بين الخلايا العصبية وقد يكون في مكان الاتصال العصبي العضلي او في العضلة ذاتها وذلك حسب نوع النشاط المؤدى اما العمل العضلي الذي يستمر فترة طويلة فأنه يؤدي الى تعب الجهاز العصبي المركزي وكذلك النشاط الحركي الذي يتميز بصعوبة اداء المهارات الحركية لعدة ساعات بينما يحدث التعب في الاتصال العصبي العضلي في الانشطة التي تتميز بالسرعة والقوة المميزة بالسرعة ويحدث التعب في العضلة في العمل العضلي الذي يتطلب اداء الوحدات الحركية البطيئة دون تركيز كبير في الجهاز العصبي وايضا اثبتت التجارب ان هناك علاقة مباشرة بين استهلاك مصادر الطاقة مثل (فوسفوكرياتين)(والجليكوجين) وحدوث التعب ويعتبر

الاوكسجين هو المعوق الرئيسي في حالة الانقباض العضلي الافصى او اقل من الاقصى والذي يستمر من (5) ثواني الى دقيقتين مما يؤدي الى اعادة بناء ATP لا هوائيا اي ان غياب الاوكسجين يحدث نتيجة انشطة(الفوسفوكرياتين وجليكوجين العضلة والجلوكوز) ويقف سريان الدم نتيجة للانقباض العضلي الثابت الذي يتراوح مقداره ما بين (60–70%) من القوة العظمى للعضلة ويهبط مستوى الفوسفوكرياتين في العمل ذي الحمل المستمر لمدة اطول من (10) ثوان واقل من (2–3) دقائق ويصل الى 90% من العمل الذي يستمر اطول من (10) ثوان او اكثر من دقيقتين حيث تزيد اهمية الاوكسجين لانتاج الطاقة الهوائية وتزداد هذه الحاجة للاوكسجين نظرا لان التمثيل اللاهوائي لا يمكنه الاستمرار في الامداد بكمية كبيرة من ATP اكثر من (60) ثانية اما بالنسبة للنشاط البدني الذي يستمر من (3–40) دقيقة فلا يؤدي الافتقار الى ATP او فسفوكرياتين PC او الجليكوجين الى اعاقته حيث انه يحدث هبوط كبير في مستوى PC في العضلة وهذا النقصان في PC تطون نسبته واحدة في النشاط البدني الذي يستمر من (6–7) دقائق الى (20–25) دقيقة وبناء على ذلك اذا كان استهلاك PC سببا للتعب في هذا النوع من العمل فأنه من غير الممكن ان يستمر العمل اكثر من (6–7) دقائق بالرغم من هبوط جليكوجين العضلة الى (10–50%) اثناء العمل الذي يستمر اقل من 40 دقيقة فقد اتفقت نتائج التجارب انه لا يساعد جلوكوز الدم او الدهون في الانشطة التي تستمر اقل من (25) دقيقة وقد يكون (حامض الاكتيك) عاملا يثبط الانزيم الخاص بانشطار الجليكوجين وسببا للتعب هذا ويصاحب استهلاك الجليكوجين الشعور بالتعب عند اداء التمرينات العنيفة التي تستمر اكثر من (40–180) دقيقة بناء على حالة اللاعب وعندما يزيد مخزون الجليكوجين في العضلة يزيد زمن التحمل وبالعكس ويمكن ان يحمل عدم قدرة العضلات على الاحتفاظ بالانقباضات العضلية وظهور التعب العضلي في الاماكن التشريحية التالية :

1.الجهاز العصبي المركزي

2.نقط اتصال العصبية العضلية

3.العضلة من حيث عمليات الانثباض او استنزاف مصادر الطاقة فوسفوكرياتين والجليكوجين

4.نمطية توزيع الياف العضلة من ناحية الالياف السريعة والبطيئة

5.تراكم الكالسيوم بالاوعية النأقلة للجهدالكهربائي بالعضلة الهيكلية

6.نقص كمية الدم المغذية للعضلة وتدعى (الاسكيميا)

7.نقص في الاوكسجين اللازم للانسجة العضلية

8.ارتفاع درجة حرارة العضلات العاملة وبالتالي ارتفاع درجة حرارة الجسم

9.التاثير الخاص بنوع النشاط البدني

ومن اجل الدراسات والابحاث والنتائج والمعلومات تساعدنا بالوصول الى التالي:

1.من اجل تفهم طبيعة التعب في مختلف انواع النشاطات العضلية لابد لنا من معرفة دور كل جهاز من الاجهزة الوظيفية في الجسم ومدى مساهمتة في مقاومة التعب فأن تحديد العوامل الرئيسية في التعب كل نوع من انواع الفعاليات الرياضية يساعد على ايجاد الطرق المناسبة لرفع مستوى كفاءة الاداء

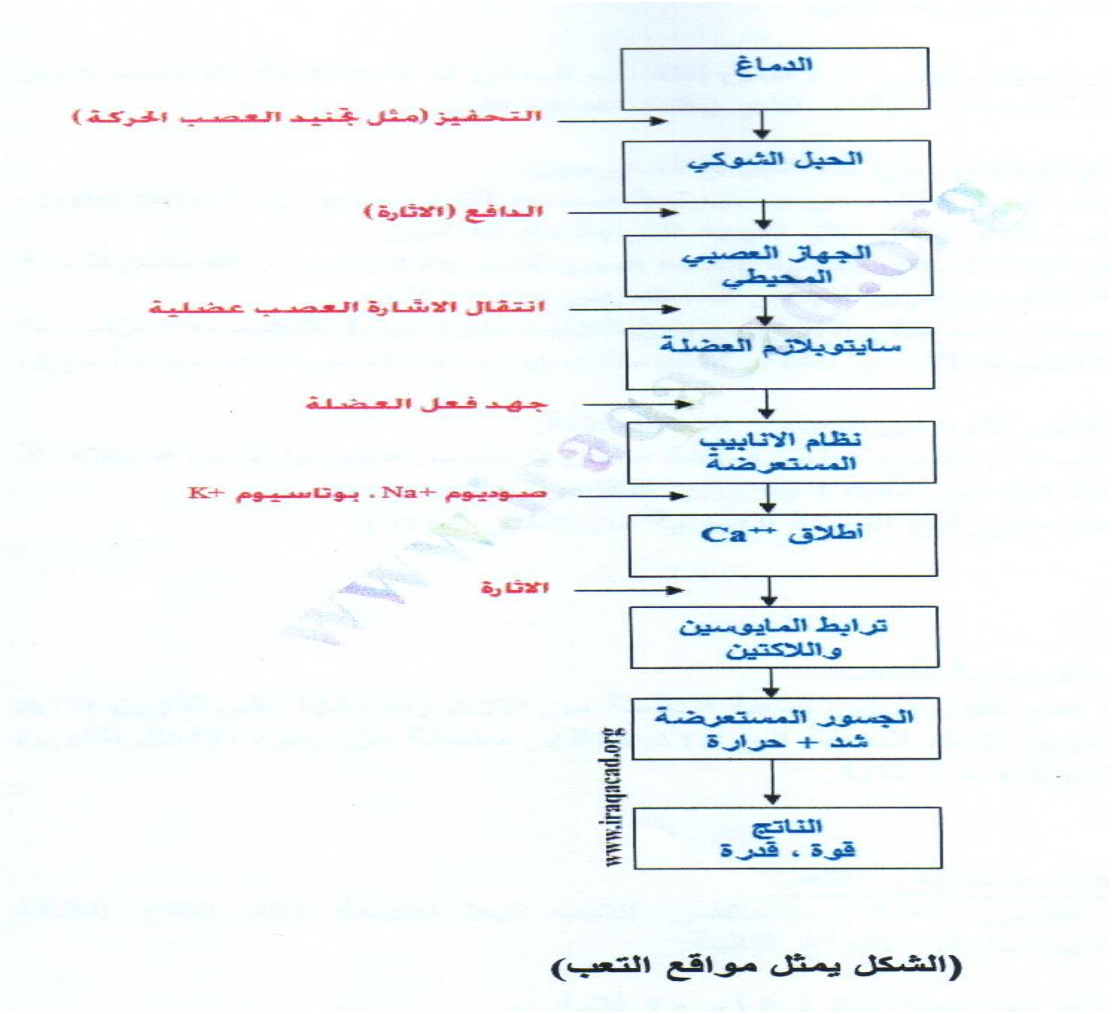
2.تتخذ الامكانيات الاوكسجينية واللاوكسجينية والجهاز التنفسي والدورة الدموية اهمية كبرى في التغلب على التعب

3.يلعب التكنيك الرياضي واداء الحركات بصورة اقتصادية والاسترخاء دورا كبيرا في فعاليات التحمل

4.من اجل تحقيق امكانيات القوى الكامنة تصبح عملية توزيع بصورة منسقة مهمة جدا فمقارنة التوزيع المثالي والمنظم في القوى مع التوزيع المتغير يتضح ان التوزيع

المنظم اكثر فائدة وبالاضافة الى ذلك فمن المهم استيعاب الاحتمالات المختلفة لتوزيع القوى المتغيرة فان ذلك يسمح بتوسيع قابلية التكنيك الرياضي

5.يعتمد ظهور التعب على نوع الرياضة ففي الفعاليات الثنائية يظهر التعب قبل كل شي في انخفاض قوة التقلصات العضلية الجهد اثناء الدفع وفي الانواع الرياضية الاخرى كالملاكمة والمصارعة والمبارزة يظهر في سرعة الحركة ودفتها وعدم التنسيق بين النشاطات المشتركة للاجهزة التحليلية



(الشكل يمثل مواقع التعب)

تأثير التعب على العضلات والمفاصل والغضاريف :

ان ممارسة التدريب الى حد الشعور بالتعب يفيد من زيادة تنمية وتطوير الاجهزة الحيوية والقوة العضلية لان عضلات الجسم لا تستفيد من التدريبات الرياضية الا اذا شعر اللاعب في نهاية التدريب بشئ من التعب العضلي ولكن ليس معنى ذلك المبالغة والوصول الى درجة الاجهاد لان الارهاق العضلي يعتبر من اخطر ما يهدد سلامة اللاعبين وتعرضهم للاصابات كتمزق العضلات والاوتار ومتاعب المفاصل ومشاكل الغضاريف بالاضافة الى ان الارهاق الشديد بجسم اللاعب يزيد من الطاقة الكهربائية والمجال المغناطيسي اللذين يصدران عن القشرة المخية وبذلك يصبح

المجال المغناطيسي في غير مجاله الصحيح او الطبيعي مما يؤدي الى فقدان اللاعب لدرجة الاتزان وعدم القدرة في السيطرة على الحركات الرياضية وهبوط مستوى سرعة الاستجابة للحركات المطلوب اداؤها في المواقف الفجائية مع اختلال وانخفاض القدرة العضلية كما ان تكرر الارهاق العضلي يحدث تغيرات كميائية في السوائل الزلالية بمفاصل الجسم بصفة عامة والمفاصل الكبيرة بصفة خاصة وبذلك تصبح سوائل هذه المفاصل اقل ميوعة واكثر لزوجة وبتكرار حدوث ذلك تتكون الالتصاقات في اربطة المفاصل ويصيبها التليف ثم التصلب وتفقد مرونتها تماما مما يؤدي الى الشعور باوجاع المفاصل وتدريجيا الى الالم المفصلي الحاد وعدم القدرة على اداء الحركات الطبيعية للمفصل واخيرا تتصلب الاربطة والاوتار العضلية المحيطة بهذه المفاصل ثم تتعرض الغضاريف لعدة مشاكل وفي النهاية يصاب اللاعب بامراض المفاصل المزمنه

التعب خلال اداء تمارين رياضية مختلفة :

يكون التناسق الخاص في الانظمة القيادية الموضعية واليأت التعب مميزا للتمارين المختلفة وعند اداء تمارين القدرة اللاوكسجينية القصوى يكون للعمليات التي تحدث في منظومة العصب المركزي والجهاز العصبي العضلي المنفذ دور مهم جدا في تنمية التعب وفي وقت اداء هذه التمارين يتوجب على المراكز الحركية العليا تنشيط وبشكل اقصى العدد الممكن من الخلايا العصبية الحركية الخاصة للعضلات العامة وتأمين النبضات ذات النوعية المرتفعة فمثل هذه (السيطرة الحركية) المشدودة يمكن ان تنخفض خلال عدة ثوان فقط وينخفض تردد النبضات بصورة مبكرة ويحدث توقف في الخلايا العصبية الحركية السريعة ثم يتم استهلاك الفوسفاجينات بشكل سريع ومطلق في العضلات العاملة وخاصة فوسفات الكرياتين لذا يشكل نضوب الفوسفاجينات المصادر الاساسية القادرة على تأمين مثل هذا العمل واحدا من اليات

التعب الرئيسية عند اداء هذه التمارين ان تحلل السكر اللاوكسجيني يتضاعف بشكل ابطأ لذا بعد مرور عدة ثوان من العمل بزيادة تركيز الاسيد في العضلات المتقلصة بكمية غير كبيرة ان لانظمة التأمين الوظيفية دورا مهما في اداء هذه التمارينوبالتطابق مع تنمية التعب نظرا لنشاطها وعند اداء تمارين القدرة اللاوكسجينية القريبة من القصوى المحددة لتنمية التعب تعمل التغيرات الجارية في منظومة العصب المركزي وفي الجهاز العضلي المنفذ بنفس الطريقة وكما هو الحال عند العمل اللاوكسجيني الاقصى يجب ان تؤمن منظومة العصب المركزي نبضأ ذا تردد عالي لغالبية الخلايا العصبية الحركية التي تمد العضلات الاساسية العاملة بالعصب ويكون في الخلايا العضلية نفسها استهلاك شديد للتمثيل الغذائي اللاوكسجيني الفوسفاجينات والجليكوجين كما تتجمع وتنتشر في الدم